

УДК 666.9–16

Р. И. Кузьмин*, Н. Ю. Черкасова, Я. Г. Калугина

Новосибирский государственный технический университет г. Новосибирск

*kuzmin.2010@corp.nstu.ru

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ И ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

В работе установлено, что относительная плотность алюмооксидной керамики составляет $98,3 \pm 0,05 \%$, для материала с 85 вес. % диоксида циркония данный показатель находится на уровне $93,3 \pm 0,25 \%$. Кристаллы гексаалюмината стронция представляют собой пластины, длина которых находится в диапазоне 1–3 мкм, а толщина составляет $\sim 0,5$ мкм.

Ключевые слова: диоксид циркония, оксид алюминия, гексаалюминат стронция, плотность, трещиностойкость

R. I. Kuzmin, N. Yu. Cherkasova, Ya. G. Kalugina

STRUCTURE AND PROPERTIES OF MATERIALS BASED ON ALUMINA AND ZIRCONIA

The alumina relative density is about $98,3 \pm 0,05 \%$, for a material with 85 weight. % zirconia — $93,3 \pm 0,25 \%$. The strontium hexaaluminate crystals are platelets. It length is in the range of 1–3 μm , and the thickness is $\sim 0,5$ μm .

Key words: zirconia, alumina, strontium hexaaluminate, density, fracture toughness

Керамические материалы на основе оксида алюминия и диоксида циркония применяются в различных областях промышленности, что связано с инертностью и высокой твердостью оксида алюминия и высокой прочностью и трещиностойкостью диоксида циркония. Однако данные материалы, как и любые типы керамик, обладают низкой трещиностойкостью. По этой причине различными отечественными и зарубежными коллективами ведутся работы, направленные на повышение данной характеристики. В частности, авторами работы [1]

показана эффективность использования многослойного графена для повышения трещиностойкости $\text{ZrO}_2\text{--Y}_2\text{O}_3$ керамики. В исследовании [2] авторы показали целесообразность применения гексаалюмината кальция-церия с целью увеличения стойкости к зарождению и распространению трещины композитов на основе оксида алюминия, содержащих диоксид циркония. Указанные выше соединения отличаются пластинчатым строением, что, согласно литературным данным [3; 4] позволяет изменять траекторию распространяющейся в материале трещины. Аналогичный эффект оказывают пластины гексаалюмината стронция [5; 6], эффективность применения которых для высокоплотных керамических материалов с различным соотношением оксида алюминия и диоксида циркония исследована в данной работе.

Для изучения были подготовлены серии образцов, химический состав которых приведен в таблице. В работе использованы высокочистые субмикронные порошки $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, 3Y-ZrO_2 и SrO . Технология подготовки образцов включала стадии диспергирования, гранулирования, изостатического прессования и спекания в воздушной среде. Плотность образцов определяли методом Архимеда. Трещиностойкость образцов методом индентирования при нагрузке 5 кг была определена с использованием формулы Charles и Evans [7]. Структурные исследования проводили на растровом электронном микроскопе Carl Zeiss Merlin. Рентгенофазовый анализ (РФА) проведен на $\theta\text{--}2\theta$ дифрактометре Thermoscientific ARL X'TRA.

Методом РФА установлено, что помимо составляющих матрицы $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ и $t\text{-ZrO}_2$ в структуре трехкомпонентных материалов содержится фаза $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$. Установлено, что относительно от теоретической плотность алюмооксидной керамики составляет $98,3 \pm 0,05\%$, в то время как для материала с 85 вес. % диоксида циркония этот показатель находится на уровне $93,3 \pm 0,25\%$. Таким образом показано, что введение в материал диоксида циркония способствует незначительному снижению уровня плотности. Формирование в структуре материалов 3 вес. % гексаалюмината стронция не оказывает существенного влияния на данную характеристику.

Проведены структурные исследования материалов. Кристаллы гексаалюмината стронция представляют собой пластины, длина которых находится в диапазоне 1–3 мкм, а толщина составляет $\sim 0,5$ мкм. Результаты оценки трещиностойкости приведены в табличной форме ниже. Наиболее высокое значение критического коэффициента

интенсивности напряжений получено для материала, содержащего 85 вес. % ZrO_2 и 3 вес. % $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$.

Химический состав и трещиностойкость экспериментальных материалов

Химический состав материалов, вес. %	Трещиностойкость, МПа · м ^{1/2}
100 % Al_2O_3	11,0±2,5
97 % Al_2O_3 –3 % $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$	17,5±2,0
15 % Al_2O_3 –85 % ZrO_2	16,0±2,5
12 % Al_2O_3 –3 % $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$ –85 % ZrO_2	20,0±2,0

В результате проведенных исследований получены высокоплотные субмикронные материалы. Установлена эффективность применения диоксида циркония и гексаалюмината стронция для повышения стойкости к хрупкому разрушению экспериментальных материалов.

Исследование выполнено в ЦКП «Структура, механические и физические свойства материалов» НГТУ при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-01239.

Литература

1. Kulmeteva V. B., Kachenjuk M. N., Ponomova A. A. ZrO_2 – Y_2O_3 ceramic composite modified by multilayered graphene // Inorganic Materials: Applied Research. 2017. Vol. 8, № 4. P. 626–633.
2. Композиты с матрицей α - Al_2O_3 упрочненные гексаалюминатом кальция-церия / Л. И. Подзорова [и др.] // Огнеупоры и техническая керамика. 2019. № 4–5. С. 7–11.
3. Ritchie R. O. Mechanisms of fatigue-crack propagation in ductile and brittle solids // International Journal of Fracture. 1999. Vol. 100, iss. 1. P. 55–83.
4. Crack blunting, crack bridging and resistance-curve fracture mechanics in dentin: effect of hydration / J. J. Kruzic [et al.] // Biomaterials. 2003. Vol. 24, iss. 28. P. 5209–5221.
5. Arab A., Ahmad R., Ahmad Z. A. Effect of SrCO_3 addition on the dynamic compressive strength of ZTA // International Journal of Minerals, Metallurgy, and Materials. 2016. Vol. 23, iss. 4. P. 481–489.
6. Oungkulsolmongkol T., Salee-art P., Buggakupta W. Hardness and Fracture Toughness of Alumina-Based Particulate Composites with Zirconia and Strontia Additives // Journal of Metals, Materials and Minerals. 2010. Vol. 20, iss. 2. P. 71–78.
7. Evans A. G., Charles E. A. Fracture Toughness Determinations by Indentation // Journal of the American Ceramic society. 1976. Vol. 59, iss. 7–8. P. 371–372.